

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра физики

Рабочая программа дисциплины

**КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования по направлению подготовки

**03.03.02 «Физика»**

Направленность (профиль):

**Физические исследования природных процессов**

Уровень:


**Бакалавриат**

Форма обучения

**Очная**

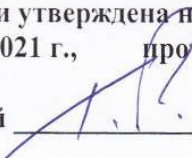
Согласовано  
Руководитель ОПОП


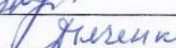
  
Бобровский А.П.

Председатель УМС  
 И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
19 мая 2021 г., протокол № 8

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
13 апреля 2021 г., протокол № 8

Зав. кафедрой  Бобровский А.П.

Автор-разработчик:  
 Сыромятников В.Г.  
 Дьяченко Н.В.

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на \_\_\_\_/\_\_\_\_  
учебный год без изменений\*

**Протокол заседания кафедры \_\_\_\_\_ от \_\_.\_\_.20\_\_ №\_\_**

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на \_\_\_\_/\_\_\_\_  
учебный год с изменениями (см. лист изменений)\*\*

**Протокол заседания кафедры \_\_\_\_\_ от \_\_.\_\_.20\_\_ №\_\_**

\*Заполняется при ежегодном пересмотре программы, если в неё не внесены изменения

\*\* Заполняется при ежегодном пересмотре программы, если в неё внесены изменения

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

**Целью** дисциплины «Квантовая теория» является формирование у студентов глубоких теоретических знаний и практических навыков в области теоретической физики, необходимых для выработки правильного представления о явлениях и закономерностях природы, для создания базы освоения общих и специальных дисциплин и всей последующей деятельности после университета.

**Основные задачи** дисциплины «Квантовая теория»:

- освоение теоретическими основами и методами научных знаний об общих законах квантовой физики;
- освоение навыков работы с математическим аппаратом квантовой механики при решении задач;

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Квантовая теория» для направления «03.03.02 – Физика» относится к обязательным дисциплинам цикла Б1, входит в состав модуля «Теоретическая физика» и изучается в шестом семестре после изучения дисциплин «Теоретическая механика», «Механика сплошных сред» и «Электродинамика». Она дает теоретическую основу для освоения как курсов данного модуля – «Физика конденсированного состояния», «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика», так и специальных дисциплин – «Теория колебаний и волн», «Теория переноса электромагнитных волн в газах», «Фотохимические процессы в атмосфере» и др.

Курс рассчитан на студентов-физиков, освоивших курсы «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм. Оптика», «Атомная физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц», «Теоретическая механика», «Механика сплошных сред», «Электродинамика», «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Векторный и тензорный анализ», «Теория функции комплексного переменного», «Теория вероятностей и математическая статистика».

## 3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенции ОПК-1.

Таблица 2.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
--------------------------------	--	---------------------

<p><b>ОПК-1</b> Способен применять базовые знания в области математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1.1 Применяет основные законы математических и естественных наук для решения задач профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-1.2 Выявляет взаимосвязь основных законов естественных наук, общие подходы и концепции</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• – фундаментальные разделы математики, линейной алгебры, методов математической физики, применяемые в квантовой теории;</li> <li>• взаимосвязь квантовой физики с другими разделами физики и естественными науками;</li> <li>• физические явления атомной и ядерной физики, не описываемые классической теорией;</li> <li>• уравнение Шредингера для стационарных и нестационарных состояний, основные положения релятивистской и нерелятивистской квантовой теории;</li> <li>• принципы описания многочастичных систем;</li> <li>• приближенные и точные методы решения задач квантовой физики.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• объяснить квантовые явления и эффекты с позиций квантовой физики и указать, какими законами описывается данное явление или эффект;</li> <li>• использовать методы адекватного физико-математического моделирования и анализа к решению конкретных квантовых задач;</li> <li>• описывать простейшие квантовомеханические системы с помощью уравнений Шредингера;</li> <li>• решать одномерные квантовые задачи;</li> <li>• применять методы квантовой физики для определения свойств сложных атомов;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• специальными математическими навыками решения задач квантовой теории, анализа полученных решений с учетом границ применимости моделей;</li> <li>• навыками решения уравнений Шредингера для простейших систем и анализа физического смысла полученных реше-</li> </ul>
--	--	--

		ний; <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками истолковывать смысл квантовых физических величин и понятий;</li> <li>• навыками самостоятельного решения профессиональных задач с применением квантовой теории;</li> <li>• навыками определения характеристик водородоподобных атомов;</li> </ul>
--	--	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов

Таблица 3.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объём дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
<b>Объем дисциплины</b>	<b>180</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>70</b>
в том числе:	
лекции	<b>28</b>
занятия семинарского типа:	
практические занятия	<b>42</b>
лабораторные занятия	
<b>Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:</b>	<b>110</b>
в том числе:	
курсовая работа	
контрольная работа	
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экзамен (6 семестр)</b>

##### 4.2. Структура дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.	Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения

		Лекции	Практи- ческие заня- тия	Самостоя- тельная рабо- та			
1	Корпускулярно – волновой дуализм	2	4	14	устный опрос, домашнее задание	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2
2	Математический аппарат квантовой механики	2	4	14	устный опрос, проверка домашнего задания	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2
3	Основные положения квантовой механики. Уравнение Шредингера	4	6	14	устный опрос, домашнее задание, реферат	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2
4	Качественный вид спектра энергий для простейших моделей	4	6	14	устный опрос, проверка домашнего задания	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2
5	Теория момента импульса	4	6	14	устный опрос, проверка домашнего задания	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2
6	Физика атомов и молекул	4	6	14	устный опрос, проверка домашнего задания	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2
7	Релятивистская квантовая механика	4	6	14	устный опрос, проверка домашнего задания	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2
8	Задача многих тел	4	4	12	устный опрос, проверка домашнего задания, тестовое задание	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2
	Итого:	<b>28</b>	<b>42</b>	<b>110</b>			

### 4.3. Содержание разделов дисциплины

Наименование разделов и тем	Содержание
Корпускулярно – волновой дуализм	<p>Место квантовой физики в современной науке о природе. Дуализм явлений микромира, дискретные свойства волн, волновые свойства частиц. Эксперименты, демонстрирующие корпускулярные и волновые свойства микрочастиц.</p> <p>Интерпретация волновой функции. Принцип суперпозиции. Движение волнового пакета. Групповая и фазовая скорости. Соотношение неопределенностей. Принципы: дополнительности, соответствия.</p>
Математический аппарат квантовой механики	<p>Свойства гильбертова пространства. Операторы в гильбертовом пространстве: понятие равенства двух операторов, определения коммутатора, антикоммутатора, обратного, линейного, эрмитовского, антиэрмитовского, унитарного, ограниченного, положительно определенного операторов. Спектр линейного самосопряжённого оператора.</p>
Основные положения квантовой механики	<p>Понятие вероятности, плотности вероятности, потенциальной возможности. Понятие наблюдаемого состояния квантово-механической системы, чистые и смешанные состояния. Физический смысл волновой функции. Полный набор физических величин и операторов. Вычисление средних значений физических величин. Соотношения между классической и квантовой механикой. Основные положения квантовой механики. Соотношение неопределённости. Процедура квантования.</p> <p>Основы теории представлений. Выражение операторов координаты и импульса в координатном представлении. Выражения для операторов кинетической, потенциальной энергии, оператора Гамильтона частицы в потенциальном поле. Оператор эволюции. Статистический оператор. Вид статистического оператора чистого состояния.</p>
Уравнение Шредингера. Качественный вид спектра энергий для простейших моделей	<p>Уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Квантовое уравнение Лиувилля. Уравнение неразрывности. Гармонический осциллятор. Общие свойства одномерного движения гармонического осциллятора. Операторы рождения, уничтожения, их коммутатор, оператор числа частиц. Выражение гамильтониана гармонического осциллятора через операторы рождения и уничтожения. Прямоугольная потенциальная яма. Прямоугольный потенциальный барьер. Туннельный эффект. Движение частицы в периодическом поле.</p>
Теория момента импульса	<p>Коммутационные соотношения. Собственные числа операторов квадрата и z-проекции момента количества движения. Сложение моментов. Орбитальный момент количества движения. Матрицы Паули.</p>

Наименование разделов и тем	Содержание
Физика атомов и молекул	Центральное поле. Движение частицы в центральном поле. Энергетический спектр. Орбитали. Понятие электронного облака. Сферически симметричная потенциальная яма. Движение в кулоновском поле. Дискретный спектр. Волновые функции. Сплошной спектр. Теория возмущений. Невырожденный случай. Случай близких уровней. Случай вырождения. Аномальный эффект Зеемана. Эффект Пашена-Бака. Линейный и квадратичный эффект Штарка.
Релятивистская квантовая механика	Уравнение Дирака для свободной частицы. Матрицы Дирака и их свойства. Стационарные состояния свободной частицы. «Частицы» и «дырки». Спин. Собственные функции операторов квадрата спина и его z-проекции. Уравнение Дирака для частицы в электромагнитном поле. Уравнение Паули. Магнитный момент электрона. Спин-орбитальное взаимодействие.
Задача многих тел	Волновая функция и оператор Гамильтона системы многих частиц. Выделение движения центра инерции. Случай двух частиц. Система тождественных частиц. Понятие тождественности частиц. Симметрия волновой функции системы тождественных частиц. Принцип Паули, его точная и приближённая формулировки. Фермионы и бозоны. Полный спин многоэлектронной системы. Метод Хартри-Фока. Атом. Периодическая система элементов Менделеева. Химическая связь, молекулы. Квантование электромагнитного поля. Общая теория переходов. Вторичное квантование, системы с неопределённым числом частиц. Теория рассеяния.

#### 4.4. Практические занятия, их содержание

п/п	№ раздела дисциплины	Количество часов	Наименование темы практического занятия
1-2	Корпускулярно – волновой дуализм	4	Повторение. Решение задач по атомной физике
3-4	Математический аппарат квантовой механики	4	Изучение свойств различных операторов. Исследование операторов на линейность и эрмитовость. Решение задач на нахождение собственных функций операторов.
5-7	Основные положения квантовой механики	6	Решение задач на нахождение средних значений операторов
8-10	Уравнение Шредингера. Качественный вид спектра энергий для простейших моделей	6	Решение задач по вычислению вероятностей нахождения частиц в прямоугольной потенциальной яме. Решение задач по изучению свойств гармонического осциллятора
11-13	Теория мо-	6	Решение задач по изучению оператора момента ко-



п/п	№ раздела дисциплины	Количество часов	Наименование темы практического занятия
	мента импульса		личества движения.
14-16	Физика атомов и молекул	6	Решение задач по движению частицы в кулоновском поле. Решение задач по движению частицы в электрическом и магнитных полях.
17-19	Релятивистская квантовая механика	6	Решение задач на свободное движение бесспиновой частицы. Античастицы. Матрицы Паули. Уравнение Дирака
20-21	Задача многих тел	4	Решение задач на свойства волновых функций тождественных частиц и их связь со спином, принцип Паули. Теория атома гелия. Строение сложных атомов. Периодическая система элементов Менделеева

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Самостоятельная работа студентов является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубления полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, экзаменам.

Самостоятельная работа предусматривает, как правило, выполнение вычислительных работ, графических заданий к лабораторным работам, подготовку к практическим заданиям, контрольных работ.

Работа с литературой предусматривает самостоятельное изучение теоретического материала, разработку рефератов и других творческих заданий.

При самостоятельной работе над разделами дисциплины, при выполнении практических работ, при подготовке к тестам, опросам и к промежуточному контролю студент должен изучить соответствующие разделы основной и вспомогательной литературы по дисциплине, а также использовать указанные в перечне интернет-ресурсы.

В процессе самостоятельной учебной деятельности формируются умения: анализировать свои познавательные возможности и планировать свою познавательную деятельность; работать с источниками информации: текстами, таблицами, схемами; анализировать полученную учебную информацию, делать выводы; анализировать и контролировать свои учебные действия; самостоятельно контролировать полученные знания.

### **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале.

Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:

- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 60;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 30;

#### **6.1. Текущий контроль**

Типовые задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

## **6.2. Промежуточная аттестация**

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **Экзамен после 6-го семестра.**

Форма проведения экзамена: *устно по билетам*

**Перечень примерных вопросов для подготовки к экзамену (6 семестр):**

### **а). Образцы тестовых заданий текущего контроля**

#### **Раздел 1**

#### **Корпускулярно-волновой дуализм**

1. Какие явления из перечисленных ниже демонстрируют корпускулярные свойства микрочастиц?

1.1 дифракция электронов

1.2 дифракция света

1.3 фотоэффект

2. . Какие явления из перечисленных ниже демонстрируют волновые свойства микрочастиц?

2.1 дифракция нейтронов на фольгах

2.2 дифракция света

2.3 опыт Штерна–Герлаха

#### **Раздел 2**

#### **Математический аппарат квантовой механики**

3. Два оператора считаются равными, если:

3.1 результаты их действия на вектора одинаковы, совпадают их области определения

3.2 результаты их действия на вектора одинаковы, совпадают их области значения

3.3 результаты их действия на вектора одинаковы, совпадают их области определения и значения

4. Оператор называется неограниченным, если

4.1  $(Lf, f) \geq M(f, f)$

4.2 его спектр неограничен

4.3  $(Lf, f) \leq (f, f)$

#### **Раздел 3**

#### **Основные положения квантовой механики**

5. Физический смысл волновой функции заключается в том, что

5.1 она дает вероятность нахождения частицы в данном состоянии в данной точке пространства

5.2 квадрат ее модуля дает вероятность нахождения частицы в данном состоянии в данной точке пространства

5.3 квадрат ее модуля дает вероятность нахождения частицы в данном состоянии в данной точке пространства для дискретно изменяющихся величин

6. Согласно первому постулату

6.1 физическая величина не может быть точно измерена

6.2 физическая величина может принимать комплексные значения

6.3 каждой физической величине сопоставляется линейный самосопряженный оператор

## Раздел 4

### Уравнение Шредингера. Качественный вид спектра энергий для простейших моделей

7. Стационарное уравнение Шредингера для одномерного гармонического осциллятора имеет вид

$$7.1 \left( -\frac{\hbar^2}{2m_0} \Delta - \frac{Ze^2}{r} \right) \psi = E\psi$$

$$7.2 \left( -\frac{\hbar^2}{2m_0} \frac{d^2}{dx^2} + \frac{kx^2}{2} \right) \psi = E\psi$$

$$7.3 \left( -\frac{\hbar^2}{2m_0} \frac{d^2}{dx^2} + U(x) \right) \psi = E\psi$$

8. Какие утверждения относительно движения квантовой частицы в поле прямоугольного потенциального барьера неверны?

8.1 спектр энергии дискретный

8.2 невозможно найти частицу за потенциальным барьером

8.3 квантовая частица имеет возможность отразиться от барьера, классическая – нет

8.4 при движении частицы в поле прямоугольного потенциального барьера возможен туннельный эффект

## Раздел 5

### Теория момента импульса

9. Какие из перечисленных ниже величин одновременно измеримы?

- 9.1 квадрат момента количества движения и его z-проекция  
 9.2 x- и z-проекции момента количества движения  
 9.3 квадраты момента количества движения каждой из двух не взаимодействующих подсистем  
 9.4 x- и z-проекции момента количества движения системы, состоящей из двух не взаимодействующих частей

10 При измерении квадрат момента количества движения оказался равным  $6\hbar^2$ . Какой может быть его z-проекция?

- 10.1  $-\hbar$   
 10.2  $0,5\hbar$   
 10.3  $6\hbar$   
 10.4  $7\hbar$

## Раздел 6

### Физика атомов и молекул

11 При движении частицы в центральном поле верны следующие высказывания

- 11.1 спектр энергии не вырожден  
 11.2 спектр энергии смешанный  
 11.3 симметрия кулоновского поля выше, чем другого центрального  
 11.4 возможные значения энергии частицы в центральном поле положительны

12 В состоянии 3d электрона в атоме водорода возможны следующие значения квантовых чисел

- 12.1  $n = 1, l = 0, m_l = 0$   
 12.2  $n = 3, l = 2, m_l = 0$   
 12.3  $n = 3, l = 1, m_l = -2$   
 12.4  $n = 2, l = 2, m_l = 0$

## Раздел 7

### Релятивистская квантовая механика

13 Уравнение Дирака для свободной частицы имеет вид

13.1 
$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = H_D \psi$$

13.2 
$$\left( -\frac{\hbar^2}{2m_0} \Delta - \frac{Ze^2}{r} \right) \psi = E \psi$$

13.3 
$$-i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = H_D \Psi$$

14 Какими свойствами обладают матрицы Дирака?

14.1 их след равен нулю

14.2 их ранг равен 4

14.3 они коммутируют

14.4  $\alpha_x \alpha_y - \alpha_y \alpha_x = 0$

## Раздел 8

### Задача многих тел

15 Волновая функция для выбранной системы многих частиц

15.1 является симметричной

15.2 является антисимметричной

15.3 не обладает никакой симметрией

15.4 может быть как симметричной, так и антисимметричной

16 Пятый постулат квантовой механики говорит о том, что

16.1 волновая функция системы тождественных частиц является симметричной по отношению к перестановке любой пары частиц

16.2 волновая функция системы тождественных частиц является антисимметричной по отношению к перестановке любой пары частиц

16.3 волновая функция системы тождественных частиц может быть как симметричной, так и антисимметричной по отношению к перестановке любой пары частиц

16.4 существует особое обменное взаимодействие между неразличимыми частицами

### б) Примерный перечень вопросов для опроса на лекциях и практических занятиях по дисциплине «Квантовая теория»

## Раздел 2

### Математический аппарат квантовой механики

1. Понятие вероятности, плотности вероятности, потенциальной возможности. Понятие состояния квантовомеханической системы, чистые и смешанные состояния. Физический смысл волновой функции. Полный набор физических величин и операторов. Вычисление средних значений физических величин.

2. Операторы в гильбертовом пространстве: понятие равенства двух операторов,

определения коммутатора, антикоммутатора, обратного, линейного, эрмитовского, антиэрмитовского, унитарного, ограниченного, положительно определённого операторов. Спектр линейного самосопряжённого оператора.

### **Раздел 3**

#### **Основные положения квантовой механики**

3. Формулировки четырёх основных положений квантовой механики.
4. Соотношение неопределённостей. Почему у квантовой частицы нет траектории?
5. Уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Квантовое уравнение Лиувилля. Уравнение неразрывности.

### **Раздел 4**

#### **Уравнение Шредингера. Качественный вид спектра энергий для простейших моделей**

6. Качественный вид спектра энергий для каждой из простейших моделей. Качественное сравнение движения квантовой и классической частиц для каждой из простейших моделей.
7. Понятие туннельного эффекта, надбарьерного отражения. Резонансы.

### **Раздел 5**

#### **Теория момента импульса**

8. Определение оператора момента количества движения. Коммутационные соотношения для МКД. Собственные числа оператора квадрата и z-проекции момента количества движения. Орбитальный момент количества движения. Спиновый момент количества движения. Матрицы Паули.

### **Раздел 6**

#### **Физика атомов и молекул**

9. Движение частицы в центральном поле и в кулоновском поле: вид уравнения Шредингера и энергетического спектра (дискретного и сплошного). Сферически симметричная потенциальная яма.
10. Аномальный эффект Зеемана. Эффект Пашена-Бака. Линейный и квадратичный эффект Штарка.

### **Раздел 7**

#### **Релятивистская квантовая механика**

11. Уравнение Дирака для свободной частицы. Матрицы Дирака и их свойства.

«Частицы» и «дырки». Спин. Уравнение Дирака для частицы в электромагнитном поле. Уравнение Паули. Магнитный момент электрона. Спин-орбитальное взаимодействие. Зарядовое сопряжение. Уравнение Клейна-Фока-Гордона.

12. Квантовая теория рассеяния.
13. Эффективное сечение рассеяния. Временная и стационарная постановка задачи. Стационарное уравнение Шредингера. Выражение амплитуды рассеяния через волновую функцию. Борновское приближение.

## Раздел 8

### Задача многих тел

14. Волновая функция и оператор Гамильтона системы многих частиц. Выделение движения центра инерции.
15. Понятие тождественности частиц. Симметрия волновой функции системы тождественных частиц. Принцип Паули, его точная и приближённая формулировки. Фермионы и бозоны.

#### **в) примеры задач для контрольных работ по дисциплине «Квантовая теория»**

1. Проверить на эрмитовость и линейность операторы дифференцирования, умножения на независимую переменную, интегральный оператор,.
2. Доказать тождество Якоби для коммутаторов..
3. Доказать свойства оператора проектирования.
4. Найти нормированные волновые функции и значения энергии стационарных состояний частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме ширины  $a$ .
5. Определить коэффициент пропускания прямоугольного потенциального барьера шириной  $a$ .
6. Найти энергетические уровни и волновые функции стационарных состояний плоского гармонического осциллятора.
7. Найти энергетические уровни и волновые функции стационарных состояний пространственного ротатора с моментом инерции  $I$ .
8. Проверить на эрмитовость и линейность матрицы Паули, матрицы Дирака.
9. Методом теории возмущений найти энергетические уровни и волновые функции стационарных состояний атома водорода в электрическом и магнитном полях.
10. Проверить выполнение соотношения неопределенности для координаты и импульса частицы, совершающей линейные гармонические колебания.

#### **г) примерная тематика рефератов, эссе, докладов**

Темы рефератов должны соответствовать дисциплине «квантовая теория».

1. Принцип соответствия в физике
2. Спор Эйнштейна и Бора
3. Принцип дополнительности
4. Элементы теории столкновений
5. Элементы теории излучения
6. Философские проблемы квантовой механики
7. Квантово-полевая картина мира
8. Различные представления квантовой механики
9. Квантовая физика вакуума
10. Многофотонные процессы
11. Биографии де Бройля, Бора, Шредингера, Гейзенберга

### 6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 7.

Распределение баллов по видам учебной работы (6 семестр)

<b>Вид учебной работы, за которую ставятся баллы</b>	<b>Баллы</b>
Посещение лекционных занятий	0-10
Устный опрос	0-3
Тест	0-5
Реферат	0-7
Выполнение домашнего задания № 1-8 Задание не выполнено -0 Выполнено менее половины заданий -1 Выполнено все, но с ошибками – 2 Выполнено в полном объеме без значимых ошибок - 3	0-3 за каждое задание
Промежуточная аттестация	0-30
<b>ИТОГО</b>	<b>0-100</b>

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 40 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 8.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене (6 семестр)

<b>Оценка</b>	<b>Баллы</b>
отлично	85-100
хорошо	65-84
удовлетворительно	40-64
Не удовлетворительно	0-39

## 7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методиче-



ские рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «Квантовая теория».

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции	В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на формулировки основных дефиниций, законов, процессов, явлений. Подробно записывать математические выводы формул. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.
Внеаудиторная работа	Представляет собой вид занятий, которые каждый студент организует и планирует самостоятельно. Самостоятельная работа студентов включает: – самостоятельное изучение разделов дисциплины; выполнение вычислительных и графических заданий подготовку к практическим занятиям, решение индивидуальных задач; – выполнение дополнительных индивидуальных творческих заданий; – подготовку рефератов, сообщений и докладов.
Подготовка к экзамену	Экзамен имеет целью проверить и оценить уровень теоретических знаний, умение применять их к решению практических задач, а также степень овладения практическими умениями и навыками в объеме требований учебных программ. Подготовка к экзамену предполагает изучение конспектов лекций, рекомендуемой литературы и других источников, повторение материалов практических занятий К экзамену допускаются студенты, выполнившие все требования учебной программы

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

#### а) Основная литература:

1. Балашов В.В., Долинов В.К. Курс квантовой механики. - М., изд-во МГУ, 1982. - 280с.
2. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики: Учеб. Пособие. - М.: Наука, 1976. - 664с.
3. Галицкий В.М., Карнаков Б.М., Коган В.И. Задачи по квантовой механике. - М.: Наука, 1981. - 648 с.
4. Гречко Л.Г., Сугаков В.И., Томасевич О.Ф., Федорченко Ф.М. Сборник задач по теоретической физике. - М.: Высшая школа, 1984. - 320с.
5. Давыдов А.С. Квантовая механика: Учеб. Пособие. - М.: Наука, 1973. - 704с.
6. Демидович Б.П. Математические основы квантовой механики. СПб.: Изд-во Лань, 2005.
7. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике. М.: Высшая школа, 1991. - 175с.
8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика (нерелятивистская теория).- М.: Наука, 1974. - 752с.
9. Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. Курс теоретической физики, т.2. - М.: Наука, 1971. - 11-496 с.
10. Мессиа А. Квантовая механика, т.1. - М.: Наука, 1978. - 480с.
11. Мессиа А. Квантовая механика, т.2. - М.: Наука, 1979. - 584с.
12. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.5 Квантовая оптика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М.: Наука, 1998.
13. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика. - М.: Наука, 1979. - 528с.

14. Фок В.А. Начала квантовой механики. - М.: Наука, 1976.- 376 с.

**б) Дополнительная литература.**

1. Боум А. Квантовая механика: основы и приложения. - М.: Мир, 1990. - 720с.
2. Дирак П.А. Принципы квантовой механики. - М.: Наука, 1979.- 480 с.
3. Елютин П.В., Кривчинков В.Д. Квантовая механика. М.: Наука, 1976. - 334 с.
4. Макки Дж. Лекции по математическим основам квантовой механики. М.: Иностранная литература, 1965. - 222с.
5. Флюгге З. Задачи по квантовой механике, в 2 т. М.: Мир, 1974. Т.1-2.
6. Шифф Л. Квантовая механика. - М.: Иностранная литература, 1959. - 475с.

**в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

Пакет MS Office, образовательные ресурсы Интернета.

1. <http://pskgu.ru/ebooks/okfizikc.html> Учебные пособия по общей физике.
2. <http://lectoriy.mipt.ru/lecture?category=Physics&lecturer> Видеолекции и открытые образовательные материалы ФизТеха. Лекции по Физике.
3. <http://feynmanlectures.caltech.edu/>- The Feynman Lectures on Physics
4. <http://pskgu.ru/ebooks/tf.html> . Теоретическая Физика.
5. <http://physics.nad.ru/> - физика в анимациях
6. <http://dmitryukts.narod.ru/kopilka/video.html>- опыты по физике.
7. <https://sites.google.com/site/rggmustud/> Актуальная информация для студентов, проходящих обучение физике в РГГМУ.
8. <http://www.alleng.ru/>

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации

**10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

**11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий**

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.